

差温式微流速計による潮汐波の水粒子速度の計測

名古屋大学工学部 正員 高木 不折
 名古屋大学大学院 ○ 学生員 和田 清
 名古屋大学工学部 学生員 振田 育応

1. 緒言 : 沿岸海域における海水交換機構には、恒流成分主として潮汐残差流が決定的な役割を果たしている。この潮汐残差流の実験的研究には、水理模型内の内部流速を正確に計測することが必要である。今回は特に緩流域での内部流速を計測するために試作した差温式微流速計¹⁾の検定結果について報告する。

2. 理論的基礎 : 無限長の線状熱源による温度場と、熱源に垂直な定常流がある場合の温度場との温度差は流速と次の関係にある²⁾。

$$T_1 - T_2 = \frac{q}{2\pi K} (e^{\beta a} - e^{-\beta a}) K_0(\beta a) \quad (1)$$

ここで、 T_1, T_2 : 熱源前後の温度、 q : 熱源の単位長さ単位時間当りの熱量、 $\beta = u/2K$ (K : 熱伝導率)、 a : 熱源とセンサーの間隔、 $K_0(\beta a)$: 0次の第2種変形Bessel関数。また式(1)を流速について微分すれば、

$$\frac{\partial(T_1 - T_2)}{\partial u} = \frac{qa}{4\pi K^2} [(e^{\beta a} + e^{-\beta a}) K_0(\beta a) - (e^{\beta a} - e^{-\beta a}) K_1(\beta a)] \quad (2)$$

ここで、 $K_1(\beta a)$: 1次の第2種変形Bessel関数、となる。すなわち、流速に対する温度差の変化率は非線形となるが、 $\beta a < 0.78$ の範囲では温度差と流速は、一価関数となるので $0.78 \cdot 2K/a$ よりも流速が小さい場合には、この原理を利用することが出来る。

3. 基本的検定 : a) 温度検定 恒温水槽に水晶温度計と自作の差温式微流速計の温度検出部を入れ、基準温度を変化させた場合の温度差の検定を行なった(図-1)。同図から基準温度が低下すれば出力値は増加する傾向となり、温度差と出力値の関係は±2%の範囲内では2次式でほぼ近似することが出来る。また温度差0を出力値0(25℃を基準)とした場合におけるゼロバランスの温度依存性を示したのが図-2である。これより温度の上昇に伴って出力値がほぼ直線的に減少することから、実験時の温度によるずれを補正することが出来る。

b) 台車による検定 水路上縁のレール上を滑動可能な台車に流速計を取り付け、台車を変速モーターにより走行させた場合の流速計の出力と台車の速度との関係を図-3に示す。同図には、移動

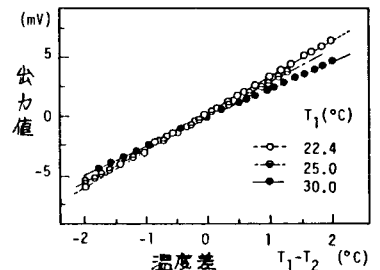


図-1 温度差と出力値の関係

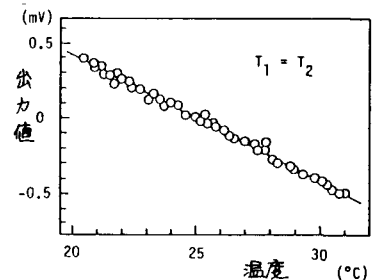


図-2 ゼロバランスにおける温度と出力値

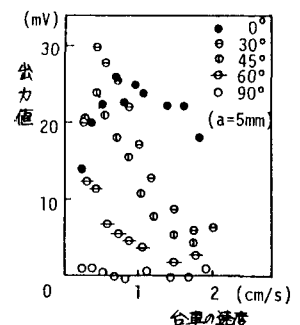


図-3 較正結果

方向に対して迎角 θ を持つ場合と併記されている。 $\theta=0^\circ$ の場合には流速のピーク値は 1 cm/s 程度であるが、 θ が増加するにつれてそのピーク値は減少し、特に $\theta=30^\circ, 45^\circ$ の場合には同じ流速に対して $\theta=0^\circ$ よりも出力値が上回る傾向になる。

(c)長周期波動理論との比較 室内潮汐波実験により、流速計の波動場における応答特性の検討を行なった。実際は、マイコン制御による水供給式の潮汐発生システムで、長さ 6 m 、幅 0.9 m 、高さ 0.6 m の水槽で行ない、測定点は水面下 6.3 cm (水深: 12.5 cm)、湾軸中央の湾奥から $1.5, 3.0, 4.5\text{ m}$ である。なお周期 112 s 、潮汐振幅 0.39 cm であり、 0.5 Hz で雑散化しローパスフィルター 0.05 Hz を通して処理を行なった。図-4は差温式微流速計のパラメータ $a=5\text{ mm}$ の計測流速を電磁流速計による値および考察の基準としての完全重複波の流速 u (微小振幅波理論)を比較したものである。実際の流れは微細な変動など含まれようが、完全重複波の流速は、

$$u = a_0 \sqrt{\frac{g}{h}} \frac{\sin kx}{\cos kl} \sin \theta t \quad (2)$$

となる。③式中、 a_0 :湾口($x=-l$)の潮位振幅、 k :波数、 θ :角周波数、 l :湾長、 h :水深、である。同図から基本振動成分が顕著であることがわかり、再現性も良好である。また流速の絶対値については両流速計ともほぼ対応しているが、理論値よりも小さい傾向となる。図-5は、流速計が主流方向に対して迎角 θ を持つ場合の、主流方向に換算した流速の時間波形を示している。 θ が小さい時には波形は理論値と対応しているが、 θ が増加するにしたがって流速の最盛時に低下する傾向となる。これは流速計背後に生ずる乱れにより前後の温度差が小さくなる結果である。図-6は、幅方向に流速計を移動し、主流方向およびそれに垂直に流速計を配置した場合の流速の時間波形を示している。幅方向に測定した主流の流速成分については、絶対値もほぼ等しく、潮流の水平シアーはほとんど生じていないことがわかる。この場合垂直方向に置いた流速値は0になるはずであるが、若干の変動成分(0.2 cm/s 程度以下)が生じている。

4. 結言 : 以上、微流域(1 cm/s 以下)における差温式微流速計の検定結果について述べたが、主流方向の流速成分については満足すべき結果を得た。すなわち、2つの流速計を併用することにより、流れの方向と2方向成分を測定できる可能性が示された。

(参考文献) 1)谷口ら:筑波大学水理実験センター報告 No.6 (1982) 2) G.F. Byrne et al: Water Resources Research vol.3 (1968)

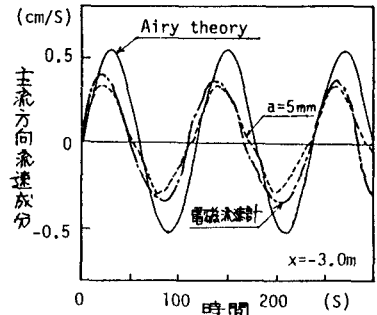


図-4 流速の時間波形

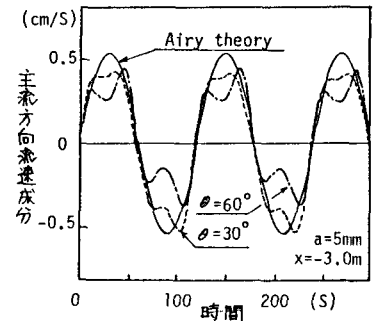


図-5 迎角 θ による流速の時間波形

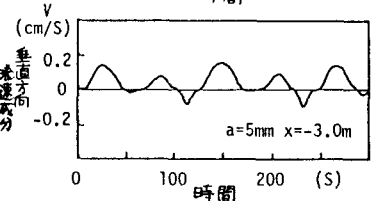
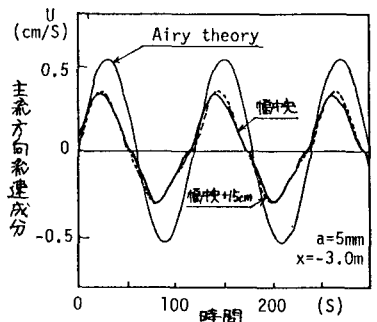


図-6 幅方向の主流成分およびそれに垂直な成分の時間波形